

**SUPPORT DE STOCKAGE D'INFORMATIONS ET PROCEDE DE  
FABRICATION D'UN TEL SUPPORT**

**DESCRIPTION**

**5    DOMAINE TECHNIQUE**

La présente invention concerne un support de stockage d'informations (« information storage medium ») et un procédé de fabrication d'un tel support.

10            Elle s'applique notamment aux disques durs pour les ordinateurs ainsi qu'aux mémoires pour les appareils numériques portatifs.

**ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE**

15            Les mémoires de stockage d'informations, et en particulier les disques durs d'ordinateurs, sont actuellement constitués de couches minces et continues de grains ferromagnétiques. L'aimantation de ces grains est dirigée dans le plan des couches et chaque unité  
20    élémentaire d'information, plus simplement appelée « bit », est constituée de plusieurs grains dont toutes les aimantations sont sensiblement parallèles.

              Suivant la direction moyenne de l'aimantation de chaque unité élémentaire  
25    d'information, la tête de lecture/écriture, en volant au-dessus d'une couche mince de grains ferromagnétiques, code des informations en créant un champ magnétique local, susceptible d'orienter l'aimantation de chaque unité élémentaire d'information  
30    dans l'une ou l'autre direction.

La densité des informations stockées sur de tels supports est limitée par la taille des unités élémentaires d'information et par les zones de transition. Afin d'augmenter cette densité, diverses solutions ont été envisagées:

- l'utilisation de matériaux magnétiques continus, avec une aimantation perpendiculaire au plan de la couche, et
- l'utilisation de supports « discrets », c'est-à-dire de réseaux (« arrays ») de plots (« dots ») magnétiques, chaque plot correspondant à une unité élémentaire d'information.

À ce sujet, on se reportera au document suivant :

[1] S.Y. Chou, P.R. Krauss et L. Kong, « Nanolithographically defined magnetic structures and quantum magnetic disk », Journal of Applied Physics 79, 6101 (1996).

Pour la fabrication de mémoires magnétiques, on connaît, et l'on a déjà utilisé, les techniques suivantes :

(1) fabrication à partir d'un réseau de plots sub-microniques, par exemple en silicium, en aluminium, en résine ou en verre, sur lesquels on a déposé un matériau magnétique,

(2) fabrication par gravure d'une couche mince magnétique à travers un masque de résines définissant des plots magnétiques, et

(3) fabrication par modification locale des propriétés physiques d'une couche mince magnétique.

Au sujet des techniques (1) à (3), on se reportera respectivement aux documents [2] à [4]  
5 suivants :

[2] S. Landis, B. Rodmacq et B. Dieny, "Domain structure of magnetic layers deposited on patterned silicon", Applied Physics Letters, 75, 2473  
10 (1999)

[3] P.R. Krauss et S.Y. Chou, "Fabrication of planar quantum magnetic disk structure using electron beam lithography, reactive ion etching, and chemical  
15 mechanical polishing", J. Vac. Sci. Technol. B, 13, 2850 (1995)

[4] C. Chappert, H. Bernas, J. Ferré, V. Klotter, J.-P. Jamet, Y. Chen, E. Cambril, T. Devolder,  
20 F. Rousseaux, V. Mathet et H. Launois, "Domain structure of magnetic layers deposited on patterned silicon", Science, 280, 1919 (1998).

Contrairement à la technique (3), les  
25 techniques (1) et (2) impliquent la présence d'une topographie à la surface d'un échantillon avec lequel elles sont mises en œuvre.

On a schématiquement illustré cela par :

- la figure 1, où l'on voit un substrat 2  
30 sur lequel on a créé une topographie 4 (comprenant des plots 6 qui sont respectivement recouverts de couches

magnétiques 8), conformément à la technique (1) ou (2),  
et

- par la figure 2, où l'on voit un substrat  
3 sur lequel on a créé un ensemble de zones magnétiques  
5 12 qui sont séparées par des zones amagnétiques 14,  
conformément à la technique (3).

De plus, les techniques (1) et (2)  
utilisent des méthodes qui sont plus ou moins standard  
dans le domaine de la micro-électronique : à titre  
10 d'exemple, une méthode de ce genre comprend une étape  
de lithographie optique ou électronique ou ionique, un  
pelage (« lift off »), une gravure et un dépôt.

Pour ce qui concerne la technique (3), on  
obtient un support d'enregistrement en formant un  
15 masque directement ou indirectement sur la surface d'un  
échantillon et en irradiant cet échantillon par un  
faisceau d'ions à travers le masque. Les zones qui ne  
sont pas protégées sont alors exposées à ce faisceau.

Jusqu'à présent, seul le système tri-couche  
20 Pt/Co/Pt a pu être utilisé pour démontrer la fiabilité  
d'un tel procédé (voir le document [4]), alors que la  
technique (1) peut être mise en œuvre avec tout type de  
matériau.

En outre, jusqu'à présent, personne n'a été  
25 capable de résoudre tous les problèmes qui sont liés au  
vol d'une tête de lecture/écriture au-dessus d'une  
surface non plane pour lire/écrire des informations, en  
particulier les problèmes hydrodynamiques et les  
problèmes de synchronisation pour que la tête vole  
30 convenablement au-dessus des plots que comporte la  
surface.

Tout cela est critique pour le développement de mémoires magnétiques discrètes.

#### EXPOSÉ DE L'INVENTION

5 La présente invention propose un support de stockage d'informations et un procédé de fabrication de ce support, qui ont à la fois les avantages des techniques (1) et (3) dont il a été question plus haut.

Ainsi, comme la technique (3), l'invention  
10 permet d'obtenir une surface plane (correspondant à la configuration standard pour les têtes de lecture/écriture).

Et, comme la technique (1), l'invention permet

15 - de fabriquer un support de stockage d'informations indépendamment du choix du matériau magnétique,

- de dissocier l'une de l'autre l'étape de fabrication du substrat et l'étape de dépôt de matériau  
20 magnétique, tout en permettant d'obtenir des supports d'enregistrements discrets, et

- de conserver toute la technologie actuellement utilisée pour le vol de la tête de lecture/écriture au-dessus d'un support de stockage  
25 d'informations et pour la détection des unités élémentaires d'information.

De façon précise, la présente invention a pour objet un support de stockage d'informations, ce  
30 support comprenant une face avant sensiblement plane et une face arrière, ce support étant destiné à être lu

et/ou écrit par un dispositif de lecture et/ou d'écriture placé en regard de la face avant, ce support étant caractérisé en ce que la face arrière comprend des zones en creux et en ce que tout ou partie des parois latérales et/ou le fond de ces zones en creux est recouvert d'un dépôt magnétique qui est destiné au stockage des informations, la distance séparant la face avant du dépôt magnétique étant telle que le dispositif de lecture et/ou d'écriture puisse lire et/ou écrire les informations dans le dépôt magnétique.

Selon un mode de réalisation particulier du support objet de l'invention, la face arrière de ce support est solidaire d'un substrat.

L'invention concerne aussi un procédé de fabrication du support de stockage d'informations objet de l'invention, dans lequel on forme le support comprenant la face avant sensiblement plane, la face arrière et, sur cette face arrière, un réseau discret de stockage d'informations sous la forme de zones en creux avantageusement de dimensions submicroniques, pourvues du dépôt magnétique, chaque zone en creux étant apte à contenir au moins un domaine magnétique représentant une unité élémentaire d'information qui est définie par une direction d'aimantation.

Les zones en creux de la face arrière peuvent avoir une forme quelconque. On choisit avantageusement des zones en creux de forme cylindrique mais ces zones peuvent également être coniques, parallélépipédiques ou autres.

La face arrière peut comprendre en outre des zones aptes à rigidifier le support.

Selon un premier mode de réalisation particulier du procédé objet de l'invention, le dépôt magnétique est formé dans le fond des zones en creux, au moyen d'un faisceau d'atomes d'au moins un matériau magnétique que l'on envoie sur la face arrière du support, perpendiculairement à cette face arrière.

Selon un deuxième mode de réalisation particulier, le dépôt magnétique est formé sur tout ou partie des parois latérales des zones en creux, au moyen d'un faisceau d'atomes d'au moins un matériau magnétique que l'on envoie sur la face arrière du support, obliquement par rapport à cette face.

Selon un mode particulier de l'invention, le support comprend un substrat et l'on forme les zones en creux directement dans ce substrat.

Selon un autre mode de réalisation particulier, le support comprend une première couche, on forme une deuxième couche sur cette première couche et l'on forme les zones en creux à travers cette deuxième couche de sorte que le fond de ces zones en creux est formé par la première couche.

On peut former les zones en creux par gravure, à travers un masque de gravure préalablement formé sur la face arrière, former ensuite le dépôt magnétique puis éliminer le masque de gravure y compris le dépôt magnétique qui s'y trouve du fait de la formation du dépôt magnétique.

La face arrière du support peut être fixée à un substrat auxiliaire, ce support étant pourvu des zones en creux comportant le dépôt magnétique.

Selon un mode de mise en œuvre particulier du procédé objet de l'invention, on forme une première couche sur un substrat, on forme une deuxième couche sur cette première couche et une troisième couche sur la deuxième couche, on forme les zones en creux à travers la troisième couche, de sorte que le fond des zones en creux est formé par la deuxième couche, on forme le dépôt magnétique dans les zones en creux, on sépare la deuxième couche du substrat, et l'on ferme les zones en creux par une quatrième couche.

#### **BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS**

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés ci-après, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 illustre schématiquement les techniques connues (1) et (2), mentionnées plus haut, et a déjà été décrite,

- la figure 2 illustre schématiquement la technique connue (3), mentionnée plus haut, et a déjà été décrite,

- la figure 3 est une vue en coupe schématique et partielle d'un support connu de stockage d'informations,

- la figure 4 est une vue en coupe schématique et partielle d'un mode de réalisation particulier du support de stockage objet de l'invention,



- la figure 5 est une vue schématique d'un plot d'un support connu de stockage d'informations, ce plot ayant une aimantation parallèle à la face avant de ce support,

5                   - la figure 6 est une vue schématique d'une zone en creux d'un support de stockage d'informations conforme à l'invention, cette zone en creux ayant une aimantation parallèle à la face avant de ce support,

                  - la figure 7 montre les variations du  
10 champ magnétique suivant une direction perpendiculaire à la face avant d'un support de stockage d'informations, dans le cas d'un support connu (courbe A) et dans le cas d'un support conforme à l'invention (courbe B),

15                   - la figure 8 est une vue schématique d'un plot d'un support connu de stockage d'informations, ce plot ayant une aimantation perpendiculaire à la face avant de ce support,

                  - la figure 9 est une vue schématique d'une  
20 zone en creux d'un support de stockage d'informations conforme à l'invention, cette zone en creux ayant une aimantation perpendiculaire à la face avant de ce support,

                  - la figure 10 montre les variations du  
25 champ magnétique suivant une direction parallèle à la face avant d'un support de stockage d'informations, dans le cas d'un support connu (courbe A) et dans le cas d'un support conforme à l'invention (courbe B),

                  - la figure 11 illustre schématiquement le  
30 vol d'une tête de lecture/écriture au dessus de la face avant d'un support connu de stockage d'informations,

- la figure 12 illustre schématiquement le vol d'une tête de lecture/écriture au dessus de la face avant d'un support de stockage d'informations, conforme à l'invention,

5                   - la figure 13 est une vue schématique et partielle d'un support de stockage d'informations conforme à l'invention, comportant des zones destinées à rigidifier ce support,

                  - la figure 14 illustre schématiquement la  
10 formation du dépôt magnétique par un faisceau d'atomes sous incidence normale,

                  - la figure 15 illustre schématiquement la formation du dépôt magnétique par un faisceau d'atomes sous incidence oblique,

15                   - la figure 16 illustre schématiquement la formation d'un support de stockage d'informations conforme à l'invention, en utilisant une couche que l'on grave pour y former les trous,

                  - la figure 17 illustre schématiquement  
20 l'utilisation d'un masque de gravure pour former un support de stockage d'informations conforme à l'invention,

                  - les figures 18 et 19 illustrent schématiquement des étapes de la fabrication d'un  
25 support de stockage d'informations conforme à l'invention, muni d'un substrat auxiliaire, et

                  - les figures 20 et 21 illustrent schématiquement des étapes de la fabrication d'un support de stockage d'informations conforme à  
30 l'invention, utilisant deux substrats pour cette fabrication.

## EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

La présente invention permet de réaliser un support (« medium ») discret à surface plane, en discrétisant la surface magnétique par la face arrière d'un substrat et en déposant un ou des matériaux magnétiques sur cette face arrière.

Ceci est schématiquement illustré par les figures 3 et 4 qui permettent de comparer la topographie résultant de la structuration d'un substrat par un procédé conforme à l'invention (figure 4) à la topographie résultant d'une structuration classique d'un substrat (figure 3).

Des plots 14 séparés par des tranchées 16 sont formés sur la face avant 18 du substrat structuré 20 de la figure 3, dont la face arrière 22 est sensiblement plane. Un matériau magnétique 24 est déposé dans des régions A et B qui constituent respectivement le sommet des plots et le fond des tranchées.

Dans le cas du substrat structuré 26 de la figure 4, des creux 28 sont formés dans la face arrière 30 de ce substrat dont la face avant 32 est sensiblement plane.

Un matériau magnétique 34 est déposé dans des régions C et D qui constituent respectivement le fond des creux et le sommet des parois 36 qui séparent ces creux.

Dans le cas de la figure 3, la hauteur h des tranchées est choisie de telle sorte que seule la région A soit suffisamment proche de la tête de

lecture/écriture pour être utilisable pour le stockage d'informations, la région B étant alors suffisamment loin pour ne perturber ni la lecture ni l'écriture et pour ne pas perturber la région A. Rappelons que l'on  
5 place la tête de lecture/écriture (non représentée) au-dessus de la face avant 18.

La hauteur  $h$  peut être avantageusement choisie de telle sorte qu'elle soit supérieure à l'épaisseur  $e$  du matériau magnétique déposé, afin qu'il  
10 n'existe aucune connexion directe entre ces différentes régions.

Par ailleurs, on peut calculer la hauteur minimale (valeur minimale  $h_{\min}$  de  $h$ ) en dessous de laquelle l'interaction magnétostatique (interaction  
15 entre l'aimantation d'une unité élémentaire d'information et le champ magnétique rayonné par les autres zones du support, qui sont recouvertes par du matériau magnétique) est prédominante par rapport à l'énergie d'anisotropie qui détermine la stabilité de  
20 la direction d'aimantation.

Alors, afin d'obtenir une meilleur stabilité, on peut choisir avantageusement une hauteur  $h$  supérieure à cette hauteur minimale  $h_{\min}$ .

Il convient de noter que l'on peut faire un  
25 raisonnement similaire pour la détermination du paramètre  $h_1$  de la figure 4 (voir plus loin).

Dans le cas de cette figure 4,  $h_1$  représente la hauteur des creux et l'on choisit aussi cette hauteur  $h_1$  de telle sorte que seule les régions C  
30 soient utilisables pour le stockage des informations et que les régions D ne perturbent pas ces régions C.

Mais dans ce cas, il faut aussi optimiser l'épaisseur  $e_1$ , qui est la somme de l'épaisseur du matériau magnétique déposé et de la distance entre le fond des creux et la face avant 32 du support, de telle sorte que les régions C ne soient pas trop éloignées de la tête de lecture/écriture (qui n'est pas représentée et que l'on place encore au dessus de la face avant du support), afin que le signal magnétique, qui est susceptible d'être enregistré dans le matériau 34 déposé au fond des creux, reste détectable.

Par exemple, on peut avantageusement choisir  $e_1$  inférieur à  $h_1$ .

Connaissant le dispositif (ou tête) de lecture/écriture utilisé et le champ magnétique maximum que ce dispositif est capable d'engendrer à sa surface, on peut également déterminer l'intensité du champ magnétique rayonné au niveau de la couche (ou zone) magnétique 34 dans la région C.

En effet, l'intensité du champ magnétique rayonné décroît comme  $1/r^a$  où l'exposant  $a$ , qui dépend de la géométrie du dispositif de lecture/écriture, est voisin de 3. Par conséquent, connaissant la hauteur de vol du dispositif lecture/écriture et la valeur du champ magnétique qu'il est nécessaire d'obtenir au niveau de la couche magnétique 34, on peut ajuster l'épaisseur  $e_1$ .

Il faut aussi prendre en compte les contraintes mécaniques que devra subir le support de la figure 4, pour que cette épaisseur  $e_1$ , qui dépend de la nature chimique et des propriétés mécaniques du matériau utilisé pour réaliser ce support, soit

suffisante pour qu'il n'y ait pas de rupture du support aux endroits où son épaisseur est la plus faible.

La face arrière 30 du support de la figure 4 peut être rendue solidaire d'un substrat 37, par exemple par collage, en vue de renforcer ce support.

Pour donner un ordre de grandeur du signal dont il a été question plus haut, on peut comparer l'intensité de la composante Hz du champ magnétique rayonné dans différents cas, en faisant référence aux figures 5 à 10. On se place dans le cas où une unité élémentaire d'information est un parallélépipède de matière magnétique de  $200\text{nm} \times 200\text{nm} \times 10\text{nm}$ , où 10nm représente l'épaisseur de la couche de matériau magnétique.

On peut comparer l'intensité de la composante Hz d'un système classique de plots à celle d'un support conforme à l'invention (figures 8 et 9).

On précise que Hz est comptée suivant l'axe z du repère (x, y, z) dans lequel chacun des axes x, y, z est perpendiculaire aux deux autres. Dans le cas des figures 5 et 8, le plan (x, y) est le plan de la surface S du support, à partir de laquelle on a formé les plots que l'on suppose parallélépipédiques dans le cas de ces figures 5 et 8.

Dans le cas des figures 6 et 9, le plan (x, y) est le plan de la face avant F du support, au dessous de laquelle on a formé les creux que l'on suppose également parallélépipédiques dans le cas de ces figures 6 et 9.

En premier lieu, on compare l'intensité de la composante Hz pour un plot 38 recouvert d'une couche

magnétique 40 (figure 5) et pour un creux 42 dont le fond est recouvert d'une couche magnétique 44, les couches 40 et 44 ayant une aimantation  $M$  qui est perpendiculaire à la direction  $z$ .

5                    Pour le plot classique 38, c'est-à-dire le plot qui est en relief par rapport à la surface, la tête de lecture vole typiquement à 20nm au dessus de la surface du support.

                  On se reportera à la figure 7 qui montre  
10 les variations de  $H_z$  (en unités arbitraires) en fonction de la distance  $x$  (en nm) au centre du plot (comptée parallèlement à l'axe  $x$ ). Le cas du plot classique correspond à la courbe A de la figure 7.

                  Si l'on réalise le réseau de « plots en  
15 creux » 42 en utilisant la présente invention, avec une épaisseur  $e_1$  (figure 4) de l'ordre de 10nm, la tête vole à une hauteur de 30nm de la surface du matériau magnétique (correspondant à 10nm pour l'épaisseur du substrat plus 20nm pour la hauteur de vol classique) et  
20 ce cas du « plot en creux » conformément à l'invention correspond à la courbe B de la figure 7.

                  En considérant les courbes A et B de la figure 7, on remarque que le maximum de  $H_z$  sur la courbe B est seulement égal à la moitié du maximum de  
25  $H_z$  sur la courbe A et reste du même ordre de grandeur que ce dernier.

                  On considère maintenant le cas où l'aimantation  $M$  est perpendiculaire à la surface du support et donc parallèle à la direction  $z$ . Plus  
30 précisément,  $M$  est perpendiculaire à la surface  $S$ , dans le cas du plot classique (figure 8), et à la face avant

F, dans le cas du « plot en creux » formé conformément à l'invention (figure 9).

On se place encore dans la même configuration, c'est-à-dire que la courbe A de la figure 10 représente le signal perçu par la tête à 20nm au dessus de la surface du plot classique, appartenant à un réseau de plots en relief, et que la courbe B de la figure 10 correspond à un vol de la tête à 20nm au dessus de la face avant du support réalisé conformément à la présente invention (avec une épaisseur  $e_1$  de 10nm, soit une hauteur effective de 30nm au dessus de la surface magnétique).

On précise que la figure 10 montre encore les variations de Hz (en unités arbitraires) en fonction de la distance x (en nm) au centre du plot (comptée parallèlement à l'axe x).

La figure 10 montre alors que, dans le cas d'une aimantation perpendiculaire, la réduction du signal est moins importante : on passe de 280 à 230 en unités arbitraires.

Cette configuration (aimantation perpendiculaire) est plus avantageuse que la précédente pour la présente invention.

Les exemples des figures 6 et 9 montrent ainsi que l'épaisseur résiduelle du substrat qui sépare la couche magnétique de la surface du support d'enregistrement (épaisseur  $e_1$ ) a peu d'influence sur l'intensité du signal rayonné et rend donc possible l'utilisation de la présente invention.

Pour ce qui concerne le vol de la tête de lecture/écriture 46 (figures 11 et 12), la



configuration utilisée est celle de la figure 11 dans le cas d'un support classique, du genre de celui de la figure 3 : la tête 46 vole au dessus de la surface supérieure 18, pourvue des plots magnétiques en relief.

5 Dans le cas d'un support conforme à l'invention, du genre de celui de la figure 4, la configuration utilisée est celle de la figure 12 : la tête 46 vole au dessus de la face avant sensiblement plane 32, au dessous de laquelle sont formés des  
10 « plots en creux ».

Dans le cas de la configuration de la figure 12, on est alors dans les mêmes conditions que dans le cas des supports continus qui sont actuellement utilisés dans la fabrication des supports  
15 d'enregistrement. Ceci permet de résoudre différents problèmes liés à la topographie du substrat :

- la stabilité du vol de la tête de lecture/écriture au dessus d'une surface non plane (que cette tête de lecture/écriture soit un dispositif  
20 semblable à celui qui est actuellement utilisé dans les disques durs ou une pointe de champ proche (« near field tip ») ou une matrice de pointes ou encore une lentille dans le cas de l'enregistrement magnéto-optique),
- 25 - la possibilité de s'affranchir du dépôt d'une couche de protection sur la surface du support pour protéger le film magnétique (couche qui pourrait accroître la distance entre la tête et le support et entraînerait donc une réduction du signal détectable),
- 30 - la possibilité d'utiliser la technologie déjà existante et bien maîtrisée pour le traitement de

la surface du support d'enregistrement (comme par exemple le dépôt d'un lubrifiant ou d'une couche de protection), et

- la possibilité de réduire la hauteur de vol de la tête, par rapport au cas classique de la figure 11, et donc d'augmenter l'intensité du signal détecté pour la lecture.

On donne ci-après des exemples du procédé objet de l'invention.

- 10 On forme un réseau (« array ») de trous, dont les dimensions sont comprises entre quelques nanomètres et plusieurs micromètres et dont la section est quelconque (par exemple carrée, circulaire ou ovale), dans une face d'un substrat que l'on appelle
- 15 « face arrière », l'autre face sensiblement plane de ce substrat constituant alors la face avant.

- Pour la formation du réseau de trous, on peut par exemple utiliser des techniques de lithographie/gravure ou de nano-impression ou d'auto-
- 20 organisation.

- L'épaisseur E (figure 13) qui subsiste entre le fond des trous 48, ou creux, et la face plane 50 du substrat 52 (où sont formés les trous) sera choisie de telle sorte qu'elle soit la plus fine
- 25 possible, tout en assurant une rigidité mécanique suffisante à l'ensemble obtenu pour que ce dernier ne se casse pas.

- On pourra avantageusement prévoir des zones sans plot, telles que les zones 54, 56 et 58 de la
- 30 figure 13, ces zones ayant par conséquent l'épaisseur initiale totale du substrat ou une fraction de celle-ci,

dans des régions judicieusement choisies, pour renforcer la rigidité mécanique de l'ensemble du support.

Pour former le dépôt magnétique, on utilise  
5 une technique classique de dépôt de couche(s) mince(s),  
par exemple la pulvérisation cathodique, l'épitaxie ou  
l'électrolyse. Ce dépôt peut être constitué d'un  
matériau magnétique tel que Co, Fe ou Ni. Il peut aussi  
être constitué de plusieurs matériaux magnétiques.

10 Ce dépôt magnétique peut être aussi formé  
d'une seule couche ou d'une superposition de couches de  
matériaux magnétiques et éventuellement non  
magnétiques. A titre d'exemple, on peut utiliser des  
multicouches choisies parmi Co/Pt, Fe/Pt et Co/Py, où  
15 Py désigne le permalloy.

Le dépôt magnétique peut être fait sous  
incidence normale ou sous incidence oblique, avec un  
angle déterminé. A ce sujet, on se référera au document  
suivant :

20

[5] Demande Internationale WO 03/005349A,  
« support de stockage d'informations à réseau de plots  
aimantés latéralement et procédé de fabrication de ce  
support », invention de B. Rodmacq, S. Landis et B.  
25 Dieny.

La figure 14 illustre schématiquement la  
formation du dépôt magnétique 60 au fond des creux, au  
moyen d'un faisceau F1 d'atomes de matériau(x)  
30 magnétique(s) que l'on envoie sous incidence normale  
sur le support.

La figure 15 illustre schématiquement la formation du dépôt magnétique 62 sur les parois latérales 64 des creux, au moyen d'un faisceau F2 d'atomes de matériau(x) magnétique(s) que l'on envoie  
5 sous une incidence oblique  $\alpha$  sur le support.

Si l'on modifie l'angle d'incidence, le dépôt se forme sur des parois différentes. Par exemple, l'utilisation de l'incidence  $-\alpha$  permet d'atteindre les parois opposées à celles qui correspondent à  $\alpha$ . On peut  
10 ainsi former des dépôts sur la totalité ou une partie des parois latérales, en envoyant les atomes de matériau(x) magnétique(s) sous une ou plusieurs incidences successives.

On peut aussi combiner un dépôt sous  
15 incidence normale et un ou plusieurs dépôts sous une ou plusieurs incidences obliques pour obtenir un dépôt sur le fond des trous et sur les parois latérales.

Les caractéristiques géométriques du support que l'on forme sont choisies de telle sorte que  
20 les interactions magnétostatiques entre les différentes régions recouvertes de matériau(x) magnétique(s) ne soient pas prédominantes par rapport à la stabilité du ou des matériaux magnétiques, c'est-à-dire par rapport à la capacité de ce matériau (ou ces matériaux) à  
25 conserver sa (leur) direction d'aimantation en fonction du champ magnétique subi par lui (eux), capacité qui est liée aux propriétés d'anisotropie de ce ou ces matériaux, afin de ne pas perturber l'écriture des informations.

30 Par exemple, si l'on considère le cas où le dépôt de matériau(x) magnétique(s) est formé dans le

fond des trous et sur les parties en relief (cas de la figure 4), on peut choisir, pour le paramètre  $h_1$  que l'on voit sur la figure 4, une valeur supérieure à l'épaisseur du dépôt formé. Plus  $h_1$  sera grand par rapport à l'épaisseur de la couche magnétique formée, plus les interactions magnétostatiques entre ces régions seront faibles par rapport à la capacité de cette couche à conserver sa direction d'aimantation, c'est-à-dire son énergie d'anisotropie.

10 Pour ce qui concerne les interactions entre les fonds de trous adjacents, à période constante, on peut réduire la dimension des trous et augmenter l'espacement entre ceux-ci.

Pour l'utilisation du support formé, la tête de lecture/écriture (tête de lecture/écriture classique, utilisée dans les disques durs actuels, ou pointes de champ proche ou matrice de pointes, ou encore lentille dans le cas de l'enregistrement magnéto-optique) sera placée en regard de la face avant sensiblement plane du support, comme on l'a déjà mentionné.

20 On donne encore ci-après quelques autres exemples de l'invention.

On précise tout d'abord que le support peut être par exemple en silicium, en verre, en aluminium ou en un polymère durci :

De plus, le réseau de trous peut être directement gravé dans la face arrière d'un substrat par exemple fait d'un matériau choisi parmi les matériaux précédents.

En variante, on forme une couche 66 (figure 16) sur une couche 67 faite d'un matériau différent de celui de la couche 66 et l'on forme les trous 68 à travers la couche 66 de sorte que le fond des trous est  
5 formé par la couche 67.

L'épaisseur de la couche 66 est comprise entre quelques nanomètres et quelques micromètres.

De plus, on peut choisir les matériaux des couches 66 et 67 de façon à avoir une sélectivité  
10 importante de gravure. Par exemple, on peut choisir le silicium pour la couche 67 et l'oxyde de silicium pour la couche 66, en vue de graver cette dernière de façon humide, au moyen d'acide fluorhydrique.

En outre, on peut avantageusement choisir  
15 le matériau de la couche 67 de façon qu'il renforce les propriétés mécaniques de l'ensemble obtenu. A titre d'exemple, on utilise une couche 66 en silicium et une couche 67 en tungstène.

De plus, on forme de préférence les trous  
20 69 (figure 17) à travers un masque de gravure 70 préalablement formé sur la face arrière d'un substrat 72, ce masque étant fait à partir d'une résine photosensible (« photoresist ») ou étant un masque dur, et l'on forme le dépôt magnétique 74 avant d'éliminer  
25 ce masque, afin de pouvoir éliminer ce dépôt des parties en relief (lorsque le masque est éliminé).

On s'affranchit ainsi des interactions magnétostatiques entre le fond des trous et les parties en relief.

30 En outre, le support 76 (figure 18), obtenu conformément à l'invention (et comportant donc des

trous 28 pourvus de dépôts magnétiques 34), peut être reporté, par exemple par collage, sur un autre substrat 78 (figure 19) qui est avantageusement plat, par exemple pour renforcer la résistance mécanique du support 76. On voit que le substrat 78 est fixé à la face arrière du substrat 76.

De plus, selon une variante de fabrication, qui est schématiquement illustrée par la figure 20, on forme une première couche 67a sur un substrat 80. On forme ensuite la couche 67 de la figure 16 sur la couche 67a puis on forme la couche 66 sur la couche 67. On forme ensuite les trous 68 à travers la couche 66, le fond des trous étant ainsi constitué par la couche 67. On forme ensuite le dépôt magnétique 82 au fond des trous. Puis on sépare la couche 67 du substrat 80, par exemple par une technique de gravure humide.

Par exemple, on choisira avantageusement du silicium (Si) pour le matériau du substrat 80 et de la couche 67 et de l'oxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ ) pour le matériau de la couche 67a. Une attaque humide à l'acide fluorhydrique (HF) permet de supprimer sélectivement le  $\text{SiO}_2$  par rapport au Si.

On fixe ensuite une couche auxiliaire 84 dite quatrième couche (figure 21) sur la face arrière de la couche 66, face à partir de laquelle les trous ont été formés, et l'on ferme ainsi les trous par cette couche 84.

La face avant du support conforme à l'invention ainsi obtenu est la face 86 de la couche 67, opposée à la face de cette couche 67 qui se trouve du côté des trous.

**REVENDICATIONS**

1. Support de stockage d'informations, ce support comprenant une face avant (32) sensiblement plane et une face arrière (30), ce support étant  
5 destiné à être lu et/ou écrit par un dispositif de lecture et/ou d'écriture (46) placé en regard de la face avant, ce support étant caractérisé en ce que la face arrière comprend des zones en creux (28, 68, 69) et en ce que tout ou partie des parois latérales et/ou  
10 le fond de ces zones en creux est recouvert d'un dépôt magnétique (34, 60, 62, 74, 82) qui est destiné au stockage des informations, la distance séparant la face avant du dépôt magnétique étant telle que le dispositif de lecture et/ou d'écriture puisse lire et/ou écrire  
15 les informations dans le dépôt magnétique.

2. Support selon la revendication 1, dans lequel la face arrière du support est solidaire d'un substrat (37, 78, 84).

3. Procédé de fabrication du support de  
20 stockage d'informations selon la revendication 1, dans lequel on forme le support comprenant la face avant (32) sensiblement plane, la face arrière (30) et, sur cette face arrière, un réseau discret de stockage d'informations sous la forme de zones en creux (28, 68,  
25 69) pourvues du dépôt magnétique (34, 60, 62, 74, 82), chaque zone en creux étant apte à contenir au moins un domaine magnétique représentant une unité élémentaire d'information qui est définie par une direction d'aimantation.



4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel la face arrière comprend en outre des zones (54, 56, 58) aptes à rigidifier le support.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 et 4, dans lequel le dépôt magnétique (34, 60) est formé dans le fond des zones en creux, au moyen d'un faisceau (F1) d'atomes d'au moins un matériau magnétique que l'on envoie sur la face arrière du support, perpendiculairement à cette face arrière.

10 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, dans lequel le dépôt magnétique (64) est formé sur tout ou partie des parois latérales des zones en creux, au moyen d'un faisceau (F2) d'atomes d'au moins un matériau magnétique que l'on  
15 envoie sur la face arrière du support, obliquement par rapport à cette face.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, dans lequel le support comprend un substrat (26) et l'on forme les zones en creux (28)  
20 directement dans ce substrat.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, dans lequel le support comprend une première couche (67), on forme une deuxième couche (66) sur cette première couche et l'on forme les zones  
25 en creux (68) à travers cette deuxième couche de sorte que le fond de ces zones en creux est formé par la première couche.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 8, dans lequel on forme les zones en  
30 creux (69) par gravure, à travers un masque de gravure (70) préalablement formé sur la face arrière, on forme

ensuite le dépôt magnétique (74) puis on élimine le masque de gravure y compris le dépôt magnétique qui s'y trouve du fait de la formation du dépôt magnétique.

10. Procédé selon l'une quelconque des  
5 revendications 3 à 9, dans lequel la face arrière du support est fixée à un substrat auxiliaire (78), ce support étant pourvu des zones en creux comportant le dépôt magnétique.

11. Procédé selon l'une quelconque des  
10 revendications 3 à 6, dans lequel on forme une première couche (67a) sur un substrat (80), on forme une deuxième couche (67) sur cette première couche et une troisième couche (66) sur la deuxième couche (67), on forme les zones en creux (68) à travers la troisième  
15 couche, de sorte que le fond des zones en creux est formé par la deuxième couche, on forme le dépôt magnétique (82) dans les zones en creux, on sépare la deuxième couche (67) du substrat (80), et l'on ferme les zones en creux par une quatrième couche (84).

1 / 6

FIG. 1

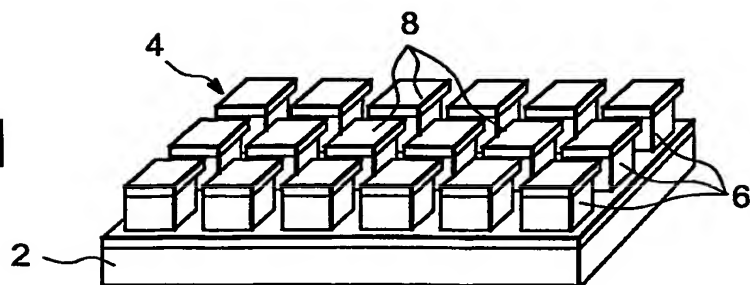


FIG. 2

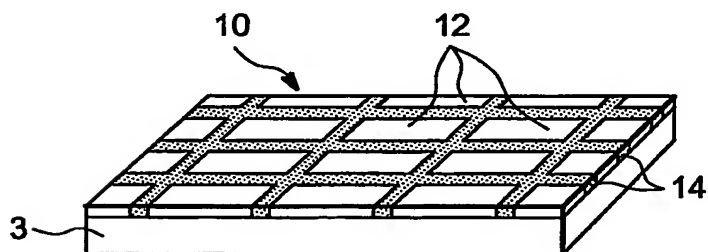


FIG. 3

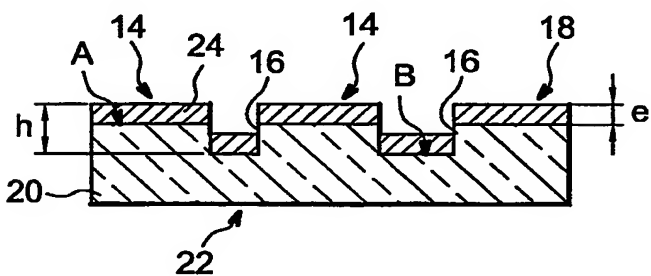
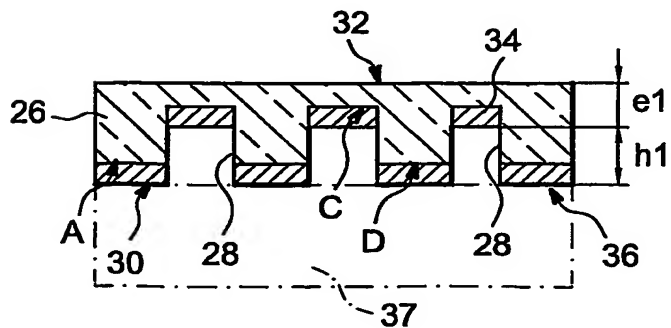


FIG. 4



2 / 6

FIG. 5

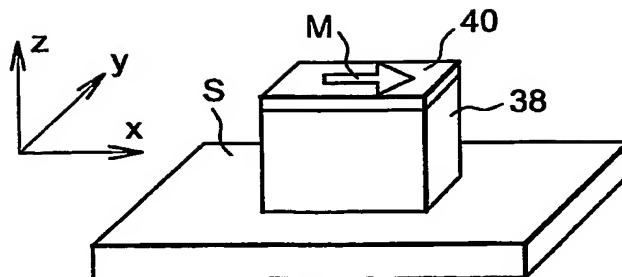


FIG. 6

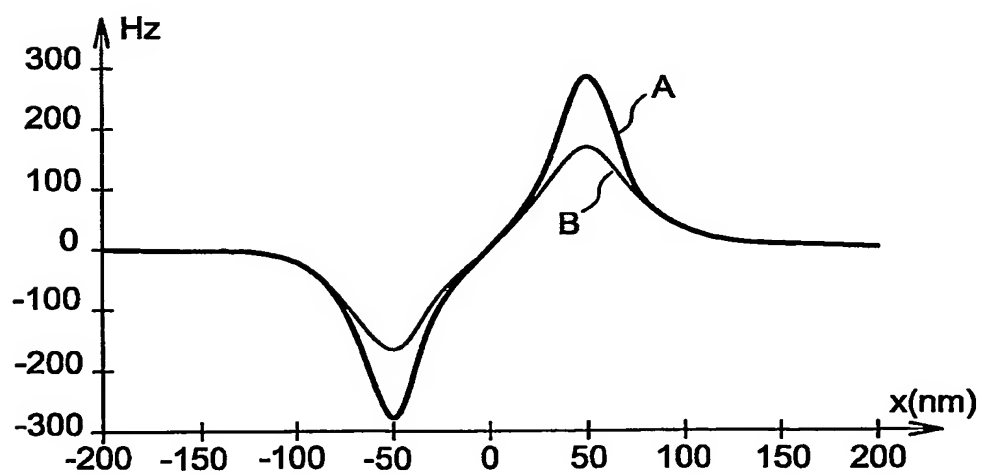
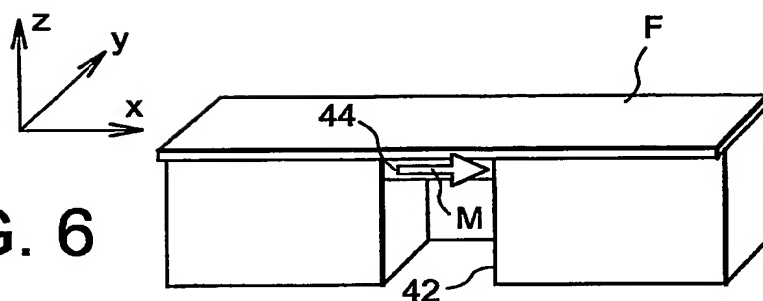


FIG. 7

FIG. 8

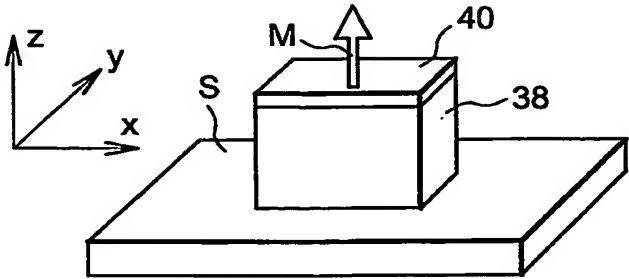


FIG. 9

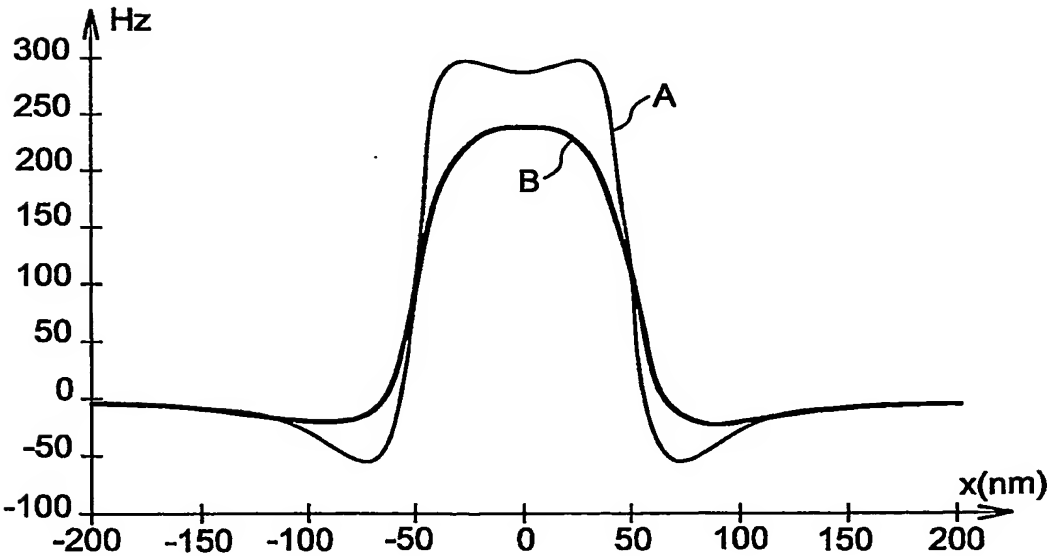
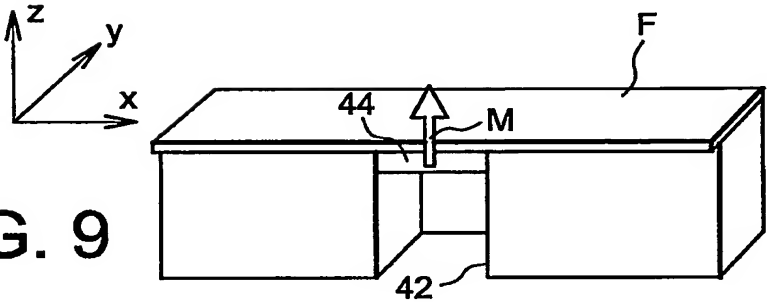


FIG. 10

FIG. 11

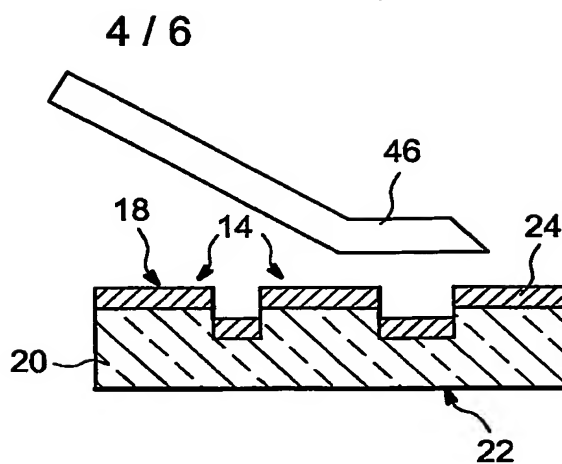


FIG. 12

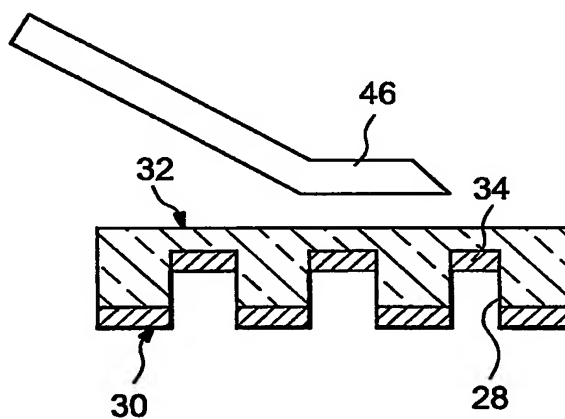
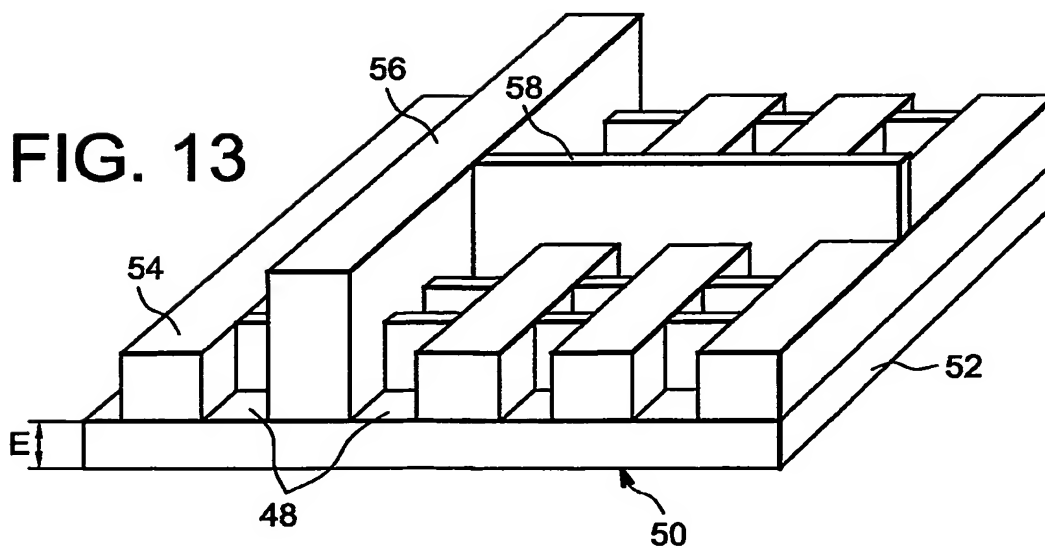


FIG. 13



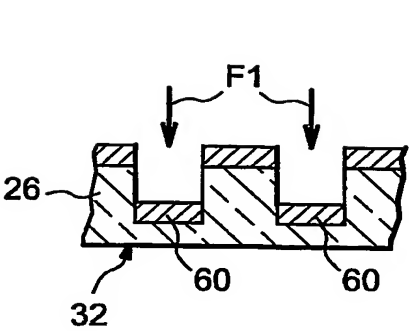


FIG. 14

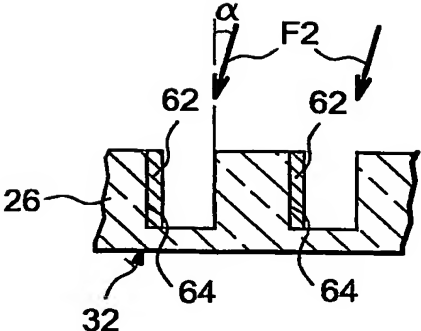


FIG. 15

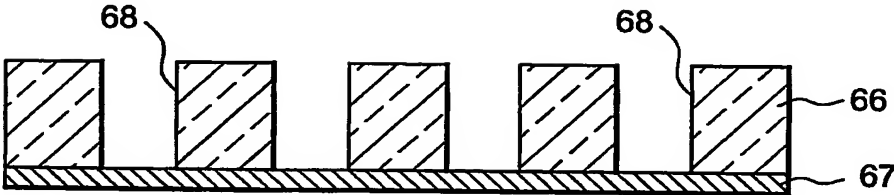


FIG. 16

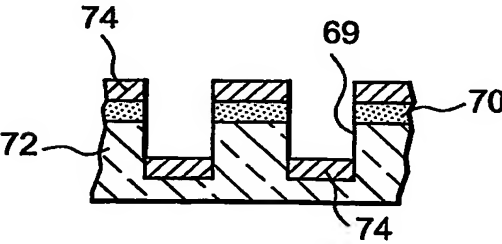


FIG. 17

6 / 6

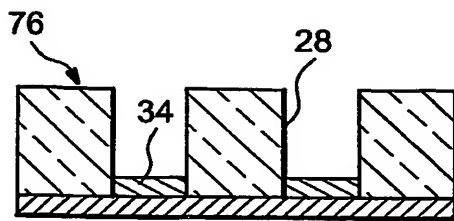


FIG. 18

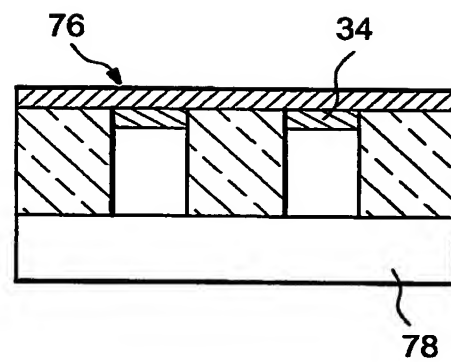


FIG. 19

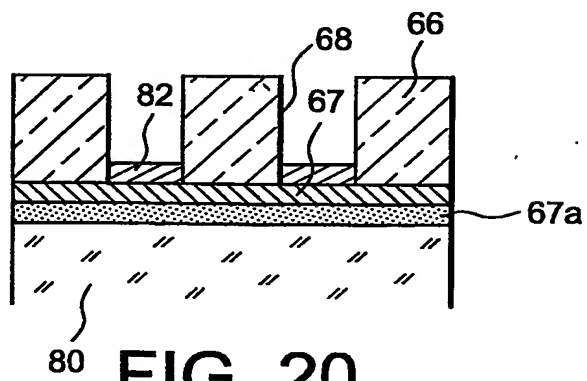


FIG. 20

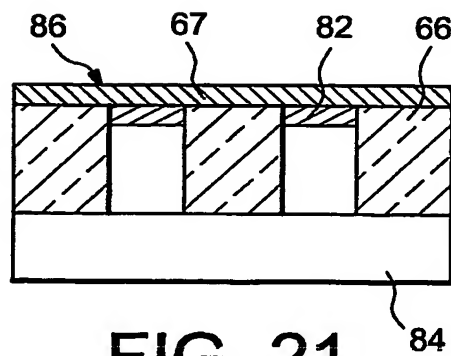


FIG. 21



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR2004/050477

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G11B5/74 G11B5/82 G11B5/84 G11B5/85 G11B5/855

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G11B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 602 620 B1 (KIKITSU AKIRA ET AL) 5 August 2003 (2003-08-05) column 4, line 30 - column 6, line 53; figures 4,13,14,26 column 9, line 24 - column 9, line 45 column 10, line 5 - column 10, line 41 column 24, line 10 - column 25, line 65 column 49, line 3 - column 49, line 56 abstract	1-11
X	US 2002/022147 A1 (KOMORIYA HITOSHI ET AL) 21 February 2002 (2002-02-21) paragraph '0002!; figures 5-10 paragraphs '0007! - '0010! paragraphs '0045! - '0055! abstract	1,2
A		3-11
	----- -/-- -----	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 March 2005

Date of mailing of the international search report

21/03/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lehnberg, C

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2004/050477

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>WO 03/005349 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE ;DIENY BERNARD (FR); LANDIS STEPHANE) 16 January 2003 (2003-01-16)  cited in the application  abstract; claims 1-13  -----</p>	3-11

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2004/050477

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 6602620	B1	05-08-2003	JP	2000195036 A	14-07-2000
			JP	2000251236 A	14-09-2000
US 2002022147	A1	21-02-2002	JP	2002063719 A	28-02-2002
WO 03005349	A	16-01-2003	FR	2827070 A1	10-01-2003
			EP	1407449 A1	14-04-2004
			WO	03005349 A1	16-01-2003
			JP	2004534345 T	11-11-2004
			US	2004151947 A1	05-08-2004

BEST AVAILABLE COPY

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR2004/050477

## A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 G11B5/74 G11B5/82 G11B5/84 G11B5/85 G11B5/855

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G11B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 6 602 620 B1 (KIKITSU AKIRA ET AL) 5 août 2003 (2003-08-05) colonne 4, ligne 30 - colonne 6, ligne 53; figures 4,13,14,26 colonne 9, ligne 24 - colonne 9, ligne 45 colonne 10, ligne 5 - colonne 10, ligne 41 colonne 24, ligne 10 - colonne 25, ligne 65 colonne 49, ligne 3 - colonne 49, ligne 56 abrégé	1-11
X	US 2002/022147 A1 (KOMORIYA HITOSHI ET AL) 21 février 2002 (2002-02-21) alinéa '0002!; figures 5-10 alinéas '0007! - '0010! alinéas '0045! - '0055! abrégé	1,2
A	----- -/-	3-11

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### \* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

12 mars 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

21/03/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Lehnberg, C

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR2004/050477

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>WO 03/005349 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE ;DIENY BERNARD (FR); LANDIS STEPHANE) 16 janvier 2003 (2003-01-16) cité dans la demande abrégé; revendications 1-13 -----</p>	3-11

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR2004/050477

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6602620	B1	05-08-2003	JP 2000195036 A	14-07-2000
			JP 2000251236 A	14-09-2000
US 2002022147	A1	21-02-2002	JP 2002063719 A	28-02-2002
WO 03005349	A	16-01-2003	FR 2827070 A1	10-01-2003
			EP 1407449 A1	14-04-2004
			WO 03005349 A1	16-01-2003
			JP 2004534345 T	11-11-2004
			US 2004151947 A1	05-08-2004

BEST AVAILABLE COPY